

4 領域に分割された牛ロース芯の画像解析形質に関する品種間比較

村澤七月¹・中橋良信¹・浜崎陽子¹・堀 武司²・加藤貴之³・口田圭吾¹

¹帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

²北海道立工業試験場, 札幌市北区 060-0819

³十勝農業協同組合連合会, 帯広市 080-0013

(2008. 12. 9 受付, 2009. 2. 26 受理)

要 約 黒毛和種 (JBL: 1,739 頭), 褐毛和種 (JBR: 105 頭), 黒毛和種 (♂) とホルスタイン種 (♀) の交雑種 (F1: 1,362 頭) およびホルスタイン種 (HOL: 88 頭) における, 6-7 肋骨間ロース芯内脂肪交雑の配置バランスに関する特徴を明らかにした. 胸椎端部を底辺とした時の右上の領域を 1 象限とし, 反時計回りに 2, 3, 4 象限と割り当て, 1~4 象限における画像解析形質の最小二乗平均値の変動係数を脂肪交雑の配置バランス指標とした. 各品種の月齢と BMS ナンバーはそれぞれ, 28.79, 5.2 (JBL), 26.08, 3.2 (JBR), 27.20, 3.1 (F1) および 20.39, 2.2 (HOL) であった. 各象限の脂肪面積割合は, すべての品種において 1 および 4 象限が 2 および 3 象限に比べて高かったが, 変動係数はホルスタイン種 (10.77) と交雑種 (4.63) において, 他品種 (1.97~1.99) よりも高く, 脂肪面積割合の配置バランスが悪いことが示された. また, すべての品種において, 3 および 4 象限のあらさ指数 1~5 は高く, 細かさ指数は低い傾向にあった. あらさ指数 1~5 の変動係数はホルスタイン種において特に高かった (40.77). 脂肪交雑配置バランスの偏り方はどの品種も同様であったが, 変動係数の大小により, バランスの偏りの程度は品種で異なった.

日本畜産学会報 80 (2), 207-213, 2009

わが国ではおよそ 280 万頭の肉用牛が飼養されており, うち肉用種は 174 万頭, 乳用種 (交雑種を含む) が 106 万頭である. 肉用種の中でも黒毛和種は最も多く飼養されており, 脂肪交雑の多さから日本を代表する品種であるが, 交雑種を含む乳用種においても国産牛生産に大きく貢献している (農林水産省 2008).

生産者にとって, 黒毛和種以外の品種を生産する目的は様々であり, 例えば生産コストの削減, 出産時の事故の低減, 飼養管理の簡易性など, 黒毛和種とは異なるメリットがある. ところが, どの品種にも共通の肉質評価項目として牛脂肪交雑基準 (以下, BMS) があり, わが国の牛肉生産において重要な経済形質の一つである. 近年では画像解析の手法を用い, BMS ナンバーを推定する試みもいくつか報告されており, BMS ナンバーの判定には脂肪交雑の量のみならず, 粒子のあらさなどが関連していることが報告されている (Shiranita ら 2000). 口田ら (1999) は, 黒毛和種, アンガス種, ホルスタイン種およびマリーグレー種の交雑種などを材料とし, 6-7 胸椎切開面におけるロース芯の画像解析を行い, 画像解析形質と BMS ナンバー間の関連性を詳細に調査した. その結果, 各 BMS ナンバーの脂肪面積割合の平均値を

下回るもの (脂肪面積割合は低い) が BMS を良く評価されたグループ) はそれを上回るもの (脂肪面積割合が高い) が BMS を悪く評価されたグループ) よりも脂肪交雑の配置バランスが良いことを示した. このように BMS ナンバーは, 脂肪交雑の配置バランスの影響も受けていることが考えられる. また, 脂肪交雑の多い品種に比べ, 脂肪交雑の少ない品種では, 脂肪交雑の配置バランスが全体的な見栄えの良さに大きく影響を与えている可能性が考えられる. よって, 品種ごとに脂肪交雑の配置バランスに関する特徴を明らかにすることは, 脂肪交雑の少ない品種における肉質改良の方向性を与えることができるかもしれない.

そこで本研究では, 一般市場に出荷された黒毛和種, 褐毛和種, 黒毛和種 (♂) とホルスタイン種 (♀) の交雑種およびホルスタイン種の 4 品種を用い, ロース芯を画像解析することにより脂肪交雑ならびに肉色・脂肪交雑色に関する特徴を調査することと, 村澤ら (2008) の方法でロース芯を 4 分割し, それぞれの領域の画像解析形質から, ロース芯内での脂肪交雑の分布の状態を品種ごとに比較検討することを目的とした.

連絡者: 口田圭吾 (fax: 0155-49-5462, e-mail: kuchida@obihiro.ac.jp)

材料および方法

1. 供試牛と枝肉横断面の撮影

本研究では平成 18 年度に北海道内の枝肉市場に上場された黒毛和種 (1,739 頭), 褐毛和種 (105 頭), 黒毛和種 (♂) とホルスタイン種 (♀) の交雑種 (以下, 交雑種: 1,362 頭) およびホルスタイン種 (88 頭) を分析に用いた。これらの左半丸枝肉横断面の高精細デジタル画像は格付後 1 時間以内に, 第 6-7 胸椎切開面をミラー型撮影装置 (HK-333; 早坂理工, 札幌) で撮影することで得た。

2. ロース芯の抽出とロース芯の 4 分割

牛枝肉画像解析ソフトウェア (Beef Analyzer II; 早坂理工, 札幌) を用い, 撮影された画像から解析対象となるロース芯の輪郭線を自動的に抽出し, 誤認識があったものについては手動描画して補正した。ロース芯の輪郭線を抽出した後, 村澤ら (2008) の報告にしたがい, 専用のソフトウェアでロース芯を慣性主軸の第 1 軸および第 2 軸にしたがって 4 分割し, 1 つのロース芯から 4 つの解析対象となる領域を抽出した。抽出した領域は, 右上を 1 象限, 左上を 2 象限, 左下を 3 象限, 右下を 4 象限とした (図 1)。

3. 画像解析

分割された画像およびロース芯全体の画像を Beef Analyzer II で解析し, 各象限およびロース芯全体に対して, 脂肪面積割合, あらさ指数 1~5, 細かさ指数, 筋肉平均輝度, 脂肪交雑平均輝度の以上 5 つの画像解析形質を得た。

脂肪面積割合は, ロース芯内にある脂肪交雑粒子の面積割合を示し, あらさ指数 1~5 は, 10 回細線化処理後の脂肪交雑粒子の画素数が 1~5 番目に大きい粒子の合計面積を総脂肪交雑面積で除すことで算出され, 値が高いほど筋肉内にあらい脂肪交雑粒子が多く存在すること

を示す。また, 脂肪面積割合が高いとあらさ指数も高くなりやすいので, 粒子の大きさの 1~5 番目という制限をかけることで, 脂肪面積割合の大きく異なる品種間比較において, より有効なあらさ指数が計算できる。細かさ指数は, 口田ら (2006) の方法にしたがって, ロース芯内に含まれる脂肪交雑のうち, 面積が $0.01 \sim 0.5 \text{ cm}^2$ の範囲内にあるものを小ザシとし, 小ザシの個数をロース芯面積で割ることで計算された。すなわち, 値が大きいほど単位面積当たりの細かい脂肪交雑粒子の数が多ことを示す。筋肉平均輝度は, ロース芯を脂肪交雑と筋肉部分に分けたときの, 筋肉部分の色の強さ (輝度) を表し, 数値の範囲は $0 \sim 255$ である。255 に近づくほど視覚的には明るく見え, 0 に近づくほど暗く見える。一方, 脂肪交雑平均輝度は脂肪交雑部分の色の強さ (輝度) を表したものである。

4. 統計解析

ロース芯全体の画像解析形質における品種間の差を検討するために, 画像解析で算出された値について, 品種, 性, 出荷月を母数効果, 出荷月齢を共変量とした分散分析を行った。また, ロース芯の各領域間の画像解析形質の差の検討には, 分割象限, 性, 出荷月を母数効果, 出荷月齢を共変量とした分散分析を品種ごとに行った。統計解析には SAS の GLM プロシジャを用いた。

結果および考察

1. 枝肉格付形質

表 1 には各品種の枝肉格付形質の平均値と標準偏差を示した。日本食肉格付協会 (2008) が集計した黒毛和種, 褐毛和種およびホルスタイン種の枝肉重量 (それぞれ 425.9 kg , 445.1 kg , 469.7 kg) とロース芯面積 (52.2 cm^2 , 49.4 cm^2 , 40.5 cm^2) に比較し, 本研究で用いた材料牛はやや大きい傾向にあった。交雑種の枝肉重量は全国平均 (450.3 kg) より若干小さい傾向にあった。BMS ナンバーについてはすべての品種で全国平均と同程度であった。

出荷月齢はすべての品種間に有意差があり ($P < 0.05$), 黒毛和種 (28.79 ± 1.83 カ月), 交雑種 (27.20 ± 2.07 カ月), 褐毛和種 (26.08 ± 1.38 カ月), ホルスタイン種 (20.39 ± 1.32 カ月) の順で長かった。枝肉重量は, 褐毛和種 ($469.5 \pm 53.1 \text{ kg}$) とホルスタイン種 ($469.7 \pm 33.3 \text{ kg}$) において, 黒毛和種 ($440.9 \pm 58.7 \text{ kg}$) と交雑種 ($443.2 \pm 52.6 \text{ kg}$) よりも値が有意に高く, 褐毛和種とホルスタイン種は重い枝肉を生産することが示された。ロース芯面積とばらの厚さにおいては, 褐毛和種 ($57.1 \pm 7.9 \text{ cm}^2$, $7.90 \pm 0.77 \text{ cm}$) が最も高く, ホルスタイン種 ($44.9 \pm 5.1 \text{ cm}^2$, $6.28 \pm 0.74 \text{ cm}$) で最も低かった。褐毛和種は最もロース芯面積が大きく, ばらが厚いため, 歩留の高い枝肉を生産することが考えられるが, 褐毛和種の歩留基準値 (73.67 ± 1.40) は黒毛和種 (74.17 ± 1.27) に次ぐ値であった。これは, 褐毛和種の厚い皮

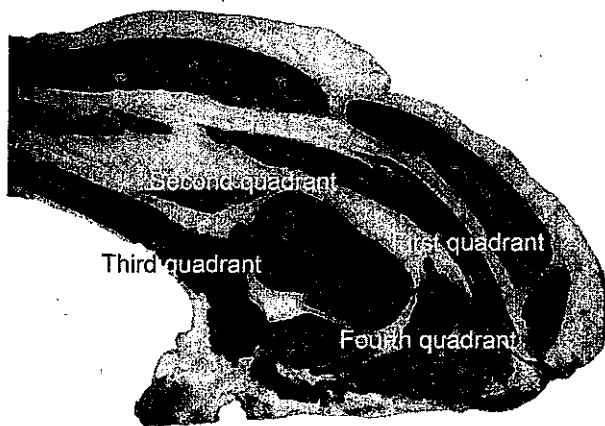


Figure 1 Allocation of four quadrants divided by the 1st and 2nd inertia main axes of the rib eye on carcass cross section at the 6-7th rib.

ロース芯4領域の品種比較

下脂肪と、大きな枝肉重量が歩留基準値の算出時にマイナスに働いたためと考えられる。

2. ロース芯全体における画像解析形質の品種間比較

表2には各品種におけるロース芯全体の画像解析形質の最小二乗平均値を示した。脂肪面積割合は、黒毛和種(42.88%)で最も高く、ホルスタイン種(22.33%)で最も有意に低く($P < 0.05$)、褐毛和種(32.82%)と交雑種(33.65%)はその中間程度の値を示した。高橋ら(2006)は、本研究と同様の品種を用いて、ロース芯における画像解析形質を比較した。それらの脂肪面積割合は黒毛和種(43.02%)、交雑種(31.76%)、褐毛和種(29.72%)、ホルスタイン種(19.34%)の順で高いことを示し、本研究の結果とほぼ一致した。

あらさ指数1~5はホルスタイン種(11.47%)と交雑種(10.62)が他品種よりも有意に高く($P < 0.05$)、褐毛和種(7.12)で最も有意に低かった($P < 0.05$)。高橋ら

(2006)においても、あらさ指数で同様の結果が認められており、褐毛和種は脂肪交雑が細かい傾向にあると報告している。また細かさ指数は、黒毛和種(3.41個/cm²)、褐毛和種(3.27)、交雑種(2.85)、ホルスタイン種(1.96)の順で有意に高かった($P < 0.05$)。以上のことから黒毛和種は最も脂肪交雑が多く、また脂肪交雑粒子の形状が細かいことが示された。褐毛和種においては、脂肪交雑の量は交雑種と同程度であるが、脂肪交雑の形状は黒毛和種よりもあらくないことが明らかになった。Osawara(2008)は、一般市場に上場された黒毛和種を用い、ロース芯の画像解析形質および枝肉格付形質間の遺伝相関を報告しており、あらさ指数と枝肉重量との間に0.17の遺伝相関を示しており、一般的に大型のウシは脂肪交雑粒子があらくなることが考えられる。本研究で用いた褐毛和種は、他品種に比べて枝肉重量が最も重かったにもかかわらず、脂肪交雑粒子はあらくなりにくかった。

Table 1 Means and standard deviations for carcass traits of Japanese Black, Japanese Brown, Japanese Black×Holstein and Holstein cattle

Trait	Japanese Black (n = 1,739)	Japanese Brown (n = 105)	Japanese Black× Holstein (n = 1,362)	Holstein (n = 88)
Slaughter age (mo)	28.79 ± 1.83 ^d	26.08 ± 1.38 ^b	27.20 ± 2.07 ^c	20.39 ± 1.32 ^a
Carcass weight (kg)	440.9 ± 58.7 ^a	469.5 ± 53.1 ^b	443.3 ± 52.6 ^a	469.7 ± 33.3 ^b
Rib eye area (cm ²)	56.2 ± 8.0 ^c	57.1 ± 7.9 ^c	51.1 ± 7.1 ^b	44.9 ± 5.1 ^a
Rib thickness (cm)	7.59 ± 0.91 ^c	7.90 ± 0.77 ^d	6.90 ± 0.86 ^b	6.28 ± 0.74 ^a
Subcutaneous fat thickness (cm)	2.36 ± 0.70 ^a	2.87 ± 0.84 ^c	2.62 ± 0.73 ^b	2.41 ± 0.75 ^a
Yield score	74.17 ± 1.27 ^d	73.67 ± 1.40 ^c	70.71 ± 1.17 ^b	69.35 ± 0.96 ^a
BMS No	5.2 ± 2.1 ^c	3.2 ± 1.1 ^b	3.1 ± 1.0 ^b	2.2 ± 0.5 ^a
BCS No	3.7 ± 0.6 ^a	3.8 ± 0.6 ^a	3.9 ± 0.5 ^b	4.1 ± 0.6 ^c
BFS No	3.0 ± 0.2 ^c	3.0 ± 0.1 ^{bc}	2.9 ± 0.3 ^b	2.1 ± 0.3 ^a

a,b,c,d Values without a common superscript letter among breeds are significantly different at $P < 0.05$.

Table 2 Least square means of image analysis traits for whole rib eye at the 6-7th cross section of Japanese Black, Japanese Brown, Japanese Black×Holstein and Holstein cattle

Trait ¹	Japanese Black (n = 1,739)	Japanese Brown (n = 105)	Japanese Black× Holstein (n = 1,362)	Holstein (n = 88)
MP (%)	42.88 ^c	32.82 ^b	33.65 ^b	22.33 ^a
CIM 1-5 (%)	8.87 ^b	7.12 ^a	10.62 ^c	11.47 ^c
FIM (n/cm ²)	3.41 ^d	3.27 ^c	2.85 ^b	1.96 ^a
ALL	96.89 ^d	92.40 ^c	88.60 ^b	76.37 ^a
ALM	147.33 ^c	143.33 ^b	144.17 ^b	132.07 ^a

a,b,c,d Values without a common superscript letter among breeds are significantly different at $P < 0.05$.

¹MP = Marbling percent, CIM 1-5 = coarseness index of large 5 marbling particles, FIM = fineness index of marbling particles. ALL = average luminance of lean, ALM = average luminance of marbling.

これは、褐毛和種がもつ品種の特徴かもしれない。交雑種において、脂肪交雑の量については黒毛和種の影響を、粒子のあらさについてはホルスタイン種の影響を大きく受けていることがうかがえる。

筋肉平均輝度は黒毛和種 (96.89) で最も高く、ホルスタイン種 (76.37) で最も低く、ホルスタイン種は肉色が特に暗いことが示された。牛肉色基準 (BCS) も同様の評価 (表 1) がされており、画像解析で算出した値と、格付による判断が一致した。交雑種の筋肉平均輝度 (88.60) は黒毛和種とホルスタイン種の平均値 (86.63) よりも高くなり、肉色の暗いホルスタイン種に肉色の明るい黒毛和種を交配することで、肉色が明るくなることが示された。脂肪交雑平均輝度においては、黒毛和種 (147.33) で最も高く、ホルスタイン種 (132.07) で最も低かった。このことは、黒毛和種の脂肪交雑はホルスタイン種のそれよりも明るい白に見えることを示す。ところが、牛脂肪色基準 (BFS) は黒毛和種で 3.0、ホルスタイン種で 2.1 であり、画像解析により得られた結果と格付結果とが合

致しなかった。格付での脂肪の評価は筋間脂肪についても行われているために、ロース芯内の画像解析値と BFS ナンバーとの比較は正確ではないかもしれないが、ホルスタイン種特有の暗い筋肉内に少量のあらい脂肪が点在した場合、肉色と脂肪交雑色とのコントラストが高いために、脂肪交雑が特に明るい白に見えるのかもしれない。また、脂肪交雑における輝度の最高値を比較すると、黒毛和種で 216.3、ホルスタイン種で 220.0 とホルスタイン種で高く、部分的には黒毛和種よりも高い輝度を有することが確認された。脂肪交雑平均輝度は、脂肪交雑と認識された部分のすべての色の輝度について平均したものであるため、脂肪交雑粒子内で輝度の高い個所と低い個所の差が激しい今回のような場合に、視覚による格付評価と異なったのかもしれない。

3. 1~4 象限における画像解析形質の品種間比較

表 3 には、各象限の画像解析形質の最小二乗平均値を品種別に示した。口田ら (1999) の方法にしたがい、各画像解析形質の最小二乗平均値における象限間の標準偏

Table 3 Least square means of image analysis traits of each quadrant in rib eye at the 6-7th cross section of Japanese Black, Japanese Brown, Japanese Black×Holstein and Holstein cattle

Breed	Trait ¹	Quadrant				SD	CV
		First	Second	Third	Fourth		
Japanese Black (n = 1,739)	MP (%)	43.54 ^b	42.68 ^a	42.37 ^a	44.24 ^c	0.85	1.97
	CIM 1-5 (%)	8.52 ^a	10.11 ^b	13.23 ^c	14.06 ^d	2.61	22.70
	FIM (n/cm ²)	3.90 ^d	3.57 ^c	3.29 ^a	3.39 ^b	0.27	7.58
	ALL	95.99 ^a	96.75 ^b	95.45 ^a	97.28 ^b	0.81	0.84
	ALM	144.06 ^b	143.23 ^a	147.10 ^c	150.75 ^d	3.41	2.33
Japanese Brown (n = 105)	MP	32.65	32.39	31.92	33.47	0.65	1.99
	CIM 1-5	6.79 ^a	6.63 ^a	10.56 ^b	10.74 ^b	2.28	26.24
	FIM	3.57 ^b	3.47 ^b	3.15 ^a	3.22 ^a	0.20	5.92
	ALL	92.11	93.37	91.95	93.46	0.80	0.87
	ALM	142.47 ^{ab}	141.28 ^a	144.49 ^b	148.33 ^c	3.09	2.14
Japanese Black × Holstein (n = 1,362)	MP	34.11 ^b	32.55 ^a	32.53 ^a	35.81 ^c	1.56	4.63
	CIM 1-5	9.89 ^a	10.55 ^b	13.56 ^c	17.00 ^d	3.25	25.49
	FIM	3.11 ^d	3.02 ^c	2.84 ^b	2.67 ^a	0.20	6.73
	ALL	88.86 ^b	88.57 ^b	87.70 ^a	90.41 ^c	1.13	1.27
	ALM	142.01 ^b	139.63 ^a	144.55 ^c	149.99 ^d	4.44	3.08
Holstein (n = 88)	MP	20.26 ^a	19.70 ^a	20.08 ^a	24.54 ^b	2.28	10.77
	CIM 1-5	7.05 ^a	7.77 ^a	13.57 ^b	16.51 ^b	4.58	40.77
	FIM	2.04 ^b	2.17 ^b	1.78 ^a	1.79 ^a	0.19	9.94
	ALL	76.72 ^a	78.24 ^{ab}	79.89 ^{bc}	80.97 ^c	1.87	2.36
	ALM	128.90 ^a	128.89 ^a	137.77 ^b	140.99 ^b	6.19	4.62

^{a,b,c,d} Values without a common superscript letter among quadrants are significantly different at $P < 0.05$.

SD is the standard deviation of all quadrants.

CV is the coefficient of variation of all quadrants.

¹MP = Marbling percent, CIM 1-5 = coarseness index of larger 5 marbling particles, FIM = fineness index of marbling particles, ALL = average luminance of lean, ALM = average luminance of marbling.

差ならびに変動係数をバランス指標として用いた。

1~4象限の脂肪面積割合は、黒毛和種において、それぞれ43.54%、42.68%、42.37%および44.24%であり、1および4象限で2および3象限より有意に高かった ($P < 0.05$)。褐毛和種においても、有意差は認められなかったが同様の傾向にあった。さらに交雑種も同様の傾向にあった ($P < 0.05$) が、変動係数は4.63と黒毛和種および褐毛和種 (1.97 および 1.99) と比較して高かった。褐毛和種と交雑種におけるコース芯全体の脂肪面積割合は同程度であったが (32.82% および 33.65%)、変動係数で差が見られたため、褐毛和種は、脂肪面積割合は交雑種と同様であるが、配置バランスは黒毛和種レベルであることが示された。ホルスタイン種における1~4象限の脂肪面積割合は、20.26%、19.70%、20.08% および 24.54% であり、4象限のみが他象限に比べて有意に高く ($P < 0.05$)、それ以外の象限間では有意差が認められなかった。脂肪面積割合の変動係数において、ホルスタイン種 (10.77) は他品種 (1.97~4.63) よりも非常に高く特徴的であった。村澤ら (2008) は、21 ヶ月齢の黒毛和種間接検定材料牛を用い、脂肪面積割合は3および4象限が1および2象限よりも高いことを示し、本研究の黒毛和種の結果とは異なった。これには、今回用いた黒毛和種の平均月齢が28.8 ヶ月齢と長いことで、脂肪交雑がさらに増加した可能性があり、脂肪交雑のバランスに何らかの影響を与えていることが考えられる。したがって、ホルスタイン種においても、月齢が特に短いことが、脂肪面積割合のバランスにおいて他品種と異なる結果を示した原因の一つと考えられ、月齢に焦点を当てたさらなる調査が必要である。

あらさ指数1~5は、すべての品種において3および4象限で1および2象限よりも有意に高かった ($P < 0.05$)。この結果は、村澤ら (2008) と一致しており、あらい脂肪交雑は月齢および品種に関係なく、3ならびに4象限に多く入るようである。ところが、変動係数はホルスタイン種で最も高く (40.77)、その値は他品種の1.6倍~1.8倍であった。細かさ指数は、黒毛和種においては1象限 (3.90 個/cm²)、2象限 (3.57)、4象限 (3.39)、3象限 (3.29) の順で、交雑種においては1象限 (3.11)、2象限 (3.02)、3象限 (2.84)、4象限 (2.67) の順で高く、すべての象限間に有意差が認められた ($P < 0.05$)。褐毛和種とホルスタイン種では1および2象限で3および4象限より有意に高かった ($P < 0.05$)。細かさ指数の変動係数はホルスタイン種 (9.94)、黒毛和種 (7.58)、交雑種 (6.73)、褐毛和種 (5.92) の順で高く、ホルスタイン種と褐毛和種における変動係数の差は大きかった。

すべての品種において、脂肪面積割合は1および4象限で2および3象限より高いのに対し、あらさ指数1~5で3および4象限が1および2象限より高かった。これは、あらさ指数1~5が高くない割に脂肪面積割合が高

い1象限には、細かい脂肪が特に多く、あらさ指数1~5が高い割に脂肪面積割合が1象限より低い3象限では、あらい脂肪は存在するが、その他の細かい脂肪が不足していることが考えられる。

Guruvaら (1970) はコース芯の内側部 (本研究の3および4象限) を腹側部 (本研究の3象限)・中央部 (本研究の3および4象限の間)・背側部 (本研究の4象限) の3つの領域に分割し、血管の分布と脂肪面積を顕微鏡画像によって調査した結果、コース芯の腹側では背側およびその中央部よりも血管の数が多く、また脂肪面積も多いことを示した。また、後藤ら (1994) は黒毛和種の筋線維型とその構成割合を調査し、コース芯の背側 (本研究の1および4象限) の βR 型筋線維は、腹側 (本研究の2および3象限) よりも構成割合が有意に高いことを示した。 βR 型筋線維が増えると脂肪交雑度が増す (Calkinsら1981) ため、1および4象限で脂肪面積割合が高いのは血管の分布と筋線維構成割合によるものかもしれない。

脂肪交雑のあらさや細かさといった形状には、筋線維直径が関連していることも考えられるが、後藤ら (1994) は筋線維の直径に領域間の有意差は認められないことも報告している。筋束間に蓄積される脂肪と筋線維間に蓄積される脂肪は蓄積の時期が異なるかもしれないため、本研究で観察される脂肪交雑のあらさや細かさといった形状は、組織学的実験の結果と完全には結びつかないことが考えられる。また、胸最長筋の羽状角がコース芯内の各領域で異なる可能性もあり、本研究の脂肪交雑の形状の見え方は、筋線維の走行に対する切断角度が大きく影響を与えている可能性もある。よって、脂肪交雑の細かさといった形状に影響する要因については、組織学的アプローチの他に、最長筋の筋構築と脂肪の蓄積に関するさらなる調査が望まれる。

筋肉平均輝度について、黒毛和種と褐毛和種においては、2および4象限で高く、1および3象限で低い傾向にあった。村澤ら (2008) は、1および4象限で2および3象限より高い筋肉平均輝度を報告しており、今回の結果とは4象限が3象限の輝度を上回ることによって異なった。ホルスタイン種と交雑種において、最も筋肉平均輝度が高い象限は4象限であり、最も低い象限は、ホルスタイン種では1象限、交雑種では3象限であった。以上のことから、筋肉平均輝度の全品種において共通した傾向は、4象限で比較的輝度が高く、明るい肉色を呈することと、1象限もしくは3象限において比較的輝度が低く暗い肉色を呈することであった。

脂肪交雑平均輝度については、すべての品種において、4象限、3象限、1象限、2象限の順で高かった。一般的にあらい脂肪交雑は明るく見え、細かい脂肪交雑は筋肉との境界においてやや暗い桃色を呈することが多く見受けられる (村澤ら2008)。したがって、あらい脂肪交雑が多い3および4象限では、細かい脂肪交雑が多い1

および2象限よりも脂肪交雑平均輝度が高いことが考えられる。また、胸最長筋が羽状筋であることから、切開面は筋線維に対して斜めに切断されており、脂肪交雑粒子に下の肉色が透ける部分ができ、脂肪交雑平均輝度を下げることが考えられる。1~4象限において脂肪交雑平均輝度が異なるという結果は、胸最長筋における筋線維の羽状角度が領域によって異なることも示しているかもしれない。

脂肪交雑の量および形状に関する形質の各象限間の関連性は、どの品種でも同様の傾向を示した。異なるのは各形質の画像解析値の絶対値と、変動係数で示された偏り加減（バランス）であった。脂肪交雑の配置バランスが良いとBMSの評価も良くなる（口田ら1999）ため、今後、新しい改良項目となる可能性がある。その改良の方向性は品種によらず共通であるが、ターゲットとなる領域の改良の強さは異なるため、品種に応じてその強さを変える必要がある。黒毛和種と褐毛和種における脂肪交雑の配置バランスは、どの形質においても同程度であった。交雑種は、脂肪面積割合のバランス指標のみが、黒毛和種および褐毛和種より劣っていた。おそらく、ホルスタイン種由来の脂肪交雑の配置バランスの悪さに影響を受けているのであろう。よって、交雑種の脂肪面積割合が不足する領域について改良することは、同じ脂肪面積割合であってもBMSナンバーとしての評価を高めることにつながると思われる。今後、脂肪交雑の配置バランスが格付ならびに価格に及ぼす影響を詳細に調査し、改良の経済的必要性について検討する予定である。ロース芯内脂肪交雑のバランス指標の育種価を推定することで、脂肪交雑の配置バランスの改良に貢献できるかもしれない。

文 献

- Calkins CR, Dutson TR, Smith GC, Carpenter ZL, Davis GW. 1981. Relationship of fiber type composition to marbling and tenderness of bovine muscle. *Journal of Food Science* 46, 708-710.
- 後藤貴文, 岩元久雄, 尾野喜孝, 西村正太郎, 松尾健治, 中西良孝, 梅津頼三郎, 高原 齊. 1994. 黒毛和種去勢雄牛の脂肪交雑度の異なる胸最長筋における筋線維型構成の比較. *日本畜産学会報* 65, 454-463.
- Guruva RB, Tuma HJ, Grant DL, Covington RC. 1970. Relationship of intramuscular fat and the vascular system to bovine tenderness. *Journal of Animal Science* 31, 837-842.
- 口田圭吾, 小西一之, 鈴木三義, 三好俊三. 1999. BMSナンバーと牛ロース芯内脂肪面積比との関連性におよぼす品種の効果. *日本畜産学会報* 70, J106-J110.
- 口田圭吾, 大澤剛史, 堀 武司, 小高仁重, 丸山 新. 2006. 画像解析による牛枝肉横断面の評価とその遺伝. *動物遺伝育種研究* 34, 45-52.
- 村澤七月, 口田圭吾, 大澤剛史, 堀 武司, 加藤浩二. 2008. 黒毛和種去勢牛ロース芯を4領域に分割したときの各領域における脂肪交雑の特徴および遺伝的パラメータ. *日本畜産学会報* 79, 343-351.
- (社)日本食肉格付協会. 2007. 牛枝肉格付情報. 平成18年4月~平成19年3月CD-ROM版. (社)全国肉用牛振興基金協会, 東京.
- 農林水産省. 2008. 畜産統計(2008年2月1日現在). 農林水産省. 東京. 2008年11月アクセス.
- Osawa T, Kuchida K, Hidaka S, Kato T. 2008. Genetic parameters for image analysis traits on M. longissimus thoracis and M. trapezius of carcass cross section in Japanese Black steers. *Journal of Animal Science* 86, 40-46.
- Shiranita K, Hayashi K, Otsubo A, Miyajima T, Takiyama R. 2000. Grading meat quality by image processing. *Pattern Recognition* 33, 97-104.
- 高橋健一郎, 口田圭吾, 堀 武司, 波 通隆, 小高仁重. 2006. ミラー型牛枝肉横断面撮影装置を用いた肉用品種における脂肪交雑形状特性の比較. *日本畜産学会報* 77, 501-507.

Comparison of regional differences of marbling distribution in rib eye among Japanese Black, Japanese Brown, Japanese Black×Holstein and Holstein cattle using image analysis

Nazuki MURASAWA¹, Yoshinobu NAKAHASHI¹, Yoko HAMASAKI¹, Takeshi HORI²,
Takayuki KATO³ and Keigo KUCHIDA¹

¹ Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555, Japan

² Hokkaido Industrial Research Institute, Kita, Sapporo 060-0819, Japan

³ Tokachi Federation of Agricultural Cooperative, Obihiro 080-0013, Japan

Corresponding : Keigo KUCHIDA (fax : +81 (0) 155-49-5462, e-mail : kuchida@obihiro.ac.jp)

The purpose of this study was to compare regional differences of marbling distribution in the rib eye among Japanese Black, Japanese Brown, Japanese Black×Holstein and Holstein cattle using image analysis. Digital images of the rib eye on carcass cross sections were taken between the 6th and 7th ribs with mirror type photography equipment. These images were divided into four quadrants by inertia main axes. The following were calculated for each quadrant of the rib eye as well as the whole : marbling percent (MP), coarseness index of larger 5 marbling particles (CIM 1~5), fineness index of marbling (FIM), average of luminance of lean (ALL) and average luminance of marbling (ALM). Coefficients of variation (CVs) between least square means of the 1-4 quadrants of image analysis traits were treated as marbling arrangement indicators, and these values were compared among breeds. MP of whole rib eye in Japanese Black (42.88%) was the highest, while those of Japanese Brown (32.82%) and Japanese Black×Holstein (33.65%) were similar at a moderate level, and MP in Holstein (22.33%) was the lowest. MP of the 1st and 4th quadrants were higher than those of the 2nd and 3rd quadrants for all breeds. However, CV of MP in Holstein (10.77) and Japanese Black×Holstein (4.63) were higher than other breeds (1.97-1.99). These results indicated that the marbling arrangement of rib eye in Holstein was relatively off balance. CIM 1-5 of the 3rd and 4th quadrants were higher than those of the 1st and 2nd quadrants in all breeds. In contrast, FIM of the 1st and 2nd quadrants were higher than those of the 3rd and 4th quadrants in all breeds. CV of CIM 1-5 of Holstein was the highest among breeds (40.77). Tendencies of characteristics of marbling arrangement in the rib eye were similar in all breeds, while degrees of bias for marbling distribution different for all breeds.

Nihon Chikusan Gakkaiho 80 (2), 207-213, 2009

Key words : image analysis, marbling arrangement, quadrant, rib eye.